

CLIPPEDIMAGE= JP02001189499A

PAT-NO: JP02001189499A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001189499 A

TITLE: LAMINATING-TYPE PIEZOELECTRIC ACTUATOR AND  
MANUFACTURING METHOD  
THEREFOR

PUBN-DATE: July 10, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KATO, TOMOYOSHI	N/A
KUMAMOTO, KENJI	N/A
YAMAKAWA, TAKAHIRO	N/A
MATSUNO, SUSUMU	N/A
OTSUKI, YOKO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TAIHEIYO CEMENT CORP	N/A

APPL-NO: JP11372396

APPL-DATE: December 28, 1999

INT-CL (IPC): H01L041/083;B81C001/00 ;H01L041/22

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laminating-type piezoelectric actuator that is superb in moisture resistance and is inexpensive and is not affected by shape restrictions and, can set the shape to an expected one.

SOLUTION: This laminating-type piezoelectric actuator is provided with a laminate 1, where a piezoelectric layer 4 and an internal electrode layer 5 are laminated alternately, a first covering 2 that is provided in contact with the laminate, so that the laminate is covered excluding the

upper and lower end  
faces of the laminate crossing the displacement direction  
of the laminate when  
a voltage is applied using the inner electrode layer 5, and  
a second covering 3  
that is provided outside the first covering so that the  
entire surface of the  
laminate is covered. The thickness of a part corresponding  
to the upper and  
lower end faces of at least the laminate in the second  
covering is equal to or  
smaller than 50

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-189499  
(P2001-189499A)

(43) 公開日 平成13年7月10日 (2001.7.10)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 1 L 41/083		B 8 1 C 1/00	
B 8 1 C 1/00		H 0 1 L 41/08	S
H 0 1 L 41/22		41/22	Z

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-372396

(22) 出願日 平成11年12月28日 (1999.12.28)

(71) 出願人 000000240

太平洋セメント株式会社  
東京都千代田区西神田三丁目8番1号

(72) 発明者 加藤 友好

東京都江東区清澄1-2-23 太平洋セ  
メント株式会社研究本体内

(72) 発明者 熊本 憲二

千葉県東金市小沼田1568-4 太平洋セ  
メント株式会社研究本体内

(74) 代理人 100079005

弁理士 宇高 克己 (外1名)

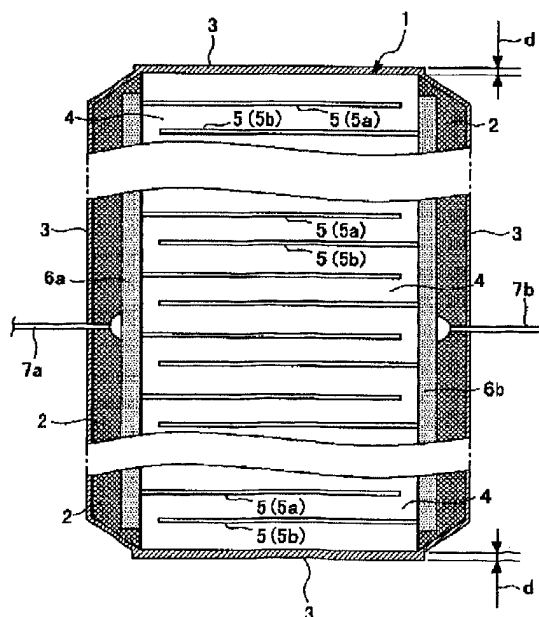
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 積層型圧電アクチュエータおよびその製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 耐湿性に優れ、しかも低コストな積層型圧電アクチュエータを提供する。また、形状の制約を受けず、それを所期のものとすることができる積層型圧電アクチュエータを提供する。

【解決手段】 圧電体層4と内部電極層5とが交互に積層されてなる積層体1と、前記内部電極層5を用いて電圧を印加した際の前記積層体の変位方向と交わる、前記積層体の上端面および下端面を除いて前記積層体を覆うよう、前記積層体に接した状態で設けられた第1の被膜2と、この第1の被膜の外側に前記積層体の全ての面を覆うよう設けられた第2の被膜3とを具備し、前記第2の被膜における、少なくとも前記積層体の上端面および下端面に対応した部分の厚さが、50μm以下である積層型圧電アクチュエータ。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電体層と内部電極層とが交互に積層されてなる積層体と、

前記内部電極層を用いて電圧を印加した際の前記積層体の変位方向と交わる、前記積層体の上端面および下端面を除いて前記積層体を覆うよう、前記積層体に接した状態で設けられた第1の被膜と、

この第1の被膜の外側に前記積層体の全ての面を覆うよう設けられた第2の被膜とを具備し、

前記第2の被膜における、少なくとも前記積層体の上端面および下端面に対応した部分の厚さが、50 $\mu$ m以下であることを特徴とする積層型圧電アクチュエータ。

【請求項2】 第2の被膜が、樹脂、ガラス、セラミックス、金属からなる群の中から選択された一つの材料から構成されたものであることを特徴とする請求項1に記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項3】 第2の被膜は、気相蒸着法によって形成されたものであることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項4】 上記請求項1～請求項3のいずれかに記載の積層型圧電アクチュエータの製造方法であって、圧電体層と内部電極層とが交互に積層されてなる積層体を形成する積層体形成工程と、この積層体形成工程にて得られた積層体の上端面および下端面を除いて前記積層体を覆うよう、前記積層体の周囲に第1の被膜を形成する第1の成膜工程と、前記第1の被膜の外側に前記積層体の全ての面を覆う第2の被膜を、気相蒸着法によって形成する第2の成膜工程とを具備することを特徴とする積層型圧電アクチュエータの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、各種機器において駆動手段として用いられる積層型圧電アクチュエータに関するものである。

## 【0002】

【発明が解決しようとする課題】圧電体層と内部電極層とを交互に積層して構成された積層型の圧電アクチュエータ（以下、単に圧電アクチュエータと言う）は、さまざまな特長を有するが、湿気に弱いという欠点を抱える。すなわち、湿度の高い環境下では、比較的早期に故障を起こしやすいという問題がある。

【0003】そこで、こうした欠点を解消し、故障を起こにくくするため、圧電アクチュエータは筒状の金属製ケース内に密封収納されることが多い。この方法を用いれば水分を完全に遮断できるので、良好な耐湿性が得られる。しかし、金属製ケースを使用する場合、圧電アクチュエータの形状が大きな制約を受ける。つまり、圧電アクチュエータ形状は、金属製ケースの形状をも考慮して決定されるので、極めて限定されたものとなる。これ

に加えて、圧電アクチュエータが収納される金属製ケースは、上端面にダイヤフラム部が存在するなど特殊な構造となっているため、製造コストが高くつく。したがって、それを使用して得られた製品は非常に高価なものになってしまう。

【0004】ちなみに、金属製ケースを使用しない防湿技術も提案されている。例えば、特開平2-94680号公報には、積層体の側面に金属箔を巻き付けた上、その上下端面に金属キャップを接着してなるものが開示されている。だが、こうした手法を用いた場合でも、上記金属製ケースを使用したときと同様、やはり、主として部品（特に金属キャップ）点数の増加による製造コストの増大は避けられない。

【0005】したがって、本発明が解決しようとする課題は、耐湿性に優れ、しかも低コストな積層型圧電アクチュエータを提供することである。また、形状の制約を受けず、形状を所期のものとするのできる積層型圧電アクチュエータを提供することである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】この課題は、圧電体層と内部電極層とが交互に積層されてなる積層体と、前記内部電極層を用いて電圧を印加した際の前記積層体の変位方向と交わる、前記積層体の上端面および下端面を除いて前記積層体を覆うよう、前記積層体に接した状態で設けられた第1の被膜と、この第1の被膜の外側に前記積層体の全ての面を覆うよう設けられた第2の被膜とを具備し、前記第2の被膜における、少なくとも前記積層体の上端面および下端面に対応した部分の厚さが、50 $\mu$ m以下であることを特徴とする積層型圧電アクチュエータによって解決される。

【0007】なお、上記第2の被膜は、樹脂、ガラス、セラミックス、金属からなる群の中から選択された一つの材料から構成することができる。更に、この第2の被膜は、気相蒸着法によって形成されたものであることが好ましい。また、上述した本発明が解決しようとする課題は、上記積層型圧電アクチュエータの製造方法であって、圧電体層と内部電極層とが交互に積層されてなる積層体を形成する積層体形成工程と、この積層体形成工程にて得られた積層体の上端面および下端面を除いて前記積層体を覆うよう、前記積層体の周囲に第1の被膜を形成する第1の成膜工程と、前記第1の被膜の外側に前記積層体の全ての面を覆う第2の被膜を、気相蒸着法によって形成する第2の成膜工程とを具備することを特徴とする積層型圧電アクチュエータの製造方法によって解決される。

【0008】すなわち本発明では、上述したごとく、圧電体層および内部電極層からなる積層体を、第1の被膜と第2の被膜とで被覆することによって積層型圧電アクチュエータを構成している。したがって、電極が形成される積層体の側面部分は、この第1の被膜と第2の被膜

とで水分から保護される。そして更に、第2の被膜は積層体全体を包み込むよう設けられているので、積層体の側面と上下端面とが交差する角部分（界面）からの水分の侵入も確実に阻止され、この結果、本発明の積層型圧電アクチュエータは優れた耐湿性を発揮する。

【0009】これに加えて、本発明では、積層体の上下端面（変位を取り出す面）を覆う第2の被膜の厚さを50 $\mu\text{m}$ 以下としている。よって、第2の被膜が積層体の上下端面に存在することに起因した変位精度の低下は、全く無視できる程度に抑えられる。また本発明では、上述したごとく、第1の被膜と第2の被膜とで耐湿性を得ている。言い換えれば、耐湿性の確保に、製造コスト（加工コスト）が極めて高くつく金属製ケースや金属キャップを使用していない。ゆえに、本発明の積層型圧電アクチュエータの製造コストは低廉であり、安価にて提供することができる。

【0010】そして本発明では、耐湿性の確保に積層型圧電アクチュエータ（素子）の形状を著しく制約する金属製ケースを使用せず、耐湿性は、上述したごとく、いかなる形状にも対応可能な第1の被膜と第2の被膜とで得るようにしている。よって本発明の積層型圧電アクチュエータは形状の制約を受けず、形状を所期のものとすることができる。

【0011】更に言えば、上記第2の被膜の形成に気相蒸着法を使用する場合には、次のような効果も奏される。すなわち気相蒸着法を用いて成膜を行う場合、周知のように、被成膜物は一定時間、真空状態の容器内に置かれる。このため、たとえ被成膜物の表面に、つまり積層体の側面に予め形成された第1の被膜に気泡が存在していたとしても、この気泡は速やかに除去（脱気）され、第1の被膜は一層緻密なものとなる。そして、この結果、第1の被膜の平滑度が向上するから、第2の被膜の付着状態も極めて良好なものとなる。

【0012】なお上記第2の被膜における、少なくとも積層体の上端面および下端面に対応した部分の厚さは、特に5～10 $\mu\text{m}$ であることが望ましい。ちなみに、この第2の被膜の厚さの上限値は、上述したように50 $\mu\text{m}$ であるが、他方、その下限値は特に規定されない。しいて挙げれば、下限値は1 $\mu\text{m}$ 程度である。また、上記第2の被膜を樹脂から構成する場合、この樹脂としては、例えば、特に透湿性の低いフッ素系樹脂や塩素系樹脂を挙げることができる。

【0013】そして、上記気相蒸着法としては、例えばCVD法やPVD法などが挙げられる。但し、被膜の品質や生産性などを総合的に考慮すると、CVD法を用いるのが最も望ましい。また、上記第2の被膜を金属から構成する場合には、気相蒸着法に替えて、メッキ処理を用いることもできる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下で本発明の一実施形態として

説明する積層型圧電アクチュエータは、圧電体層と内部電極層とが交互に積層されてなる積層体と、内部電極層を用いて電圧を印加した際の積層体の変位方向と交わる、積層体の上端面および下端面を除いて積層体を覆うよう、積層体に接した状態で設けられた第1の被膜と、この第1の被膜の外側に積層体の全ての面を覆うよう設けられた第2の被膜とを具備し、第2の被膜における、少なくとも積層体の上端面および下端面に対応した部分の厚さが、50 $\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。そして、特に本実施形態では第2の被膜を、気相蒸着法によって樹脂で構成している。

【0015】また、同じく以下で本発明の一実施形態として説明する積層型圧電アクチュエータの製造方法は、圧電体層と内部電極層とが交互に積層されてなる積層体を形成する積層体形成工程と、この積層体形成工程にて得られた積層体の上端面および下端面を除いて積層体を覆うよう、積層体の周囲に第1の被膜を形成する第1の成膜工程と、第1の被膜の外側に積層体の全ての面を覆う第2の被膜を、気相蒸着法によって形成する第2の成膜工程とを具備することを特徴とする。

【0016】次に、図1～図3を用いて、本発明の一実施形態を更に具体的に説明する。なお、図1は本実施形態に係る積層型圧電アクチュエータの外観図、図2は図1におけるX-X線での同積層型圧電アクチュエータの断面図、図3(a)～(d)は同積層型圧電アクチュエータの製造手順を示す工程図である。但し、図2では便宜上、各構成要素の厚さを実際よりも大きく描いてある。

【0017】本実施形態に係る積層型圧電アクチュエータ（以下、本積層型圧電アクチュエータと言う）は、図1に示すごとく、直方体状のものである。そして、その上下端面から変位を取り出せるようになっている。つまり、電圧を印加して作動させた際、本積層型圧電アクチュエータは、図1中、上下方向に変位する。さて、本積層型圧電アクチュエータは、図2から判るように、積層体1と、この積層体1に接した状態で設けられた第1の被膜2と、この第1の被膜2の外側に同第1の被膜2に接した状態で設けられた第2の被膜3とを、主要構成要素として具備する。

【0018】このうち積層体1は、概して言うと、圧電体層4と内部電極層5（負極5aおよび正極5b）とが交互に積層されて構成されたものである。この積層体1の互いに対向する側面には、外部電極6a、6bが形成されている。そして、外部電極6aには負極5aが、また、外部電極6bには正極5bがそれぞれ並列接続されている。更に外部電極6a、6bには、図示していない給電装置に接続されるリード線7a、7bがそれぞれ取り付けられている。ここでは、外部電極6a、6bとリード線7a、7bとの接合に、はんだ付けを用いている。また、本実施形態ではリード線7a、7bを外部電

極6a, 6bの中央に接続したが、むしろ他の位置に接続してもよい。

【0019】なお、上記積層体1がどのようにして製造されるかについては既に公知であるが、参考までに、その概略を説明する。積層体1の製造に際しては、まず、例えばチタン酸ジルコン酸鉛などの圧電材料を主成分として用いて、原料シートを作製する。次いで、その表面に、最終的に上記内部電極層5となる電極ペーストを塗布する。この後、それを所定枚数積層し、更に圧着して、所定温度にて焼成処理する。そして、この焼成処理を経た焼結体の側面に、外部電極6a, 6bを印刷によって形成することで、上記積層体1が得られる。

【0020】次に、積層体1に接した状態で設けられた第1の被膜2についてであるが、この第1の被膜2は、積層体1の上端面および下端面を除いて、同積層体1を覆っている。つまり、第1の被膜2によって、積層体1の全側面（外部電極6a, 6bとリード線7a, 7bとの接合箇所も含む）が連続的に覆われている。なお、積層体1の上端面および下端面とは、言うまでもなく、上記内部電極層5を用いて電圧を印加した際の積層体1の変位方向（図2中、上下方向）と交わる面である。

【0021】ちなみに、本実施形態では、第1の被膜2を密着性の高いエポキシ樹脂から構成している。更に詳しくは、このエポキシ樹脂からなる第1の被膜2を、ごく一般的な粉体塗装法を用いて形成している。なお、第1の被膜2の平均厚さは、100～500 $\mu$ mである。一方、第1の被膜2の外側に、同第1の被膜2に接した状態で設けられた第2の被膜3は、積層体1の全ての面（全側面および上下端面）を覆っている。言い換えれば、積層体1は、切れ目のない連続した第2の被膜3によって、完全に包み込まれた状態となっている。

【0022】なお、本実施形態では、第2の被膜3をポリ塩化ビニリデン樹脂から構成している。更に詳しくは、このポリ塩化ビニリデン樹脂からなる第2の被膜3を、気相蒸着法（CVD法）を用いて形成している。但し、第2の被膜3の厚さ、特に積層体1の上下端面に対応した部分の厚さ（図2中、dで示す）は、5～10 $\mu$ mである。他方、積層体1の側面に対応した部分の厚さも上下端面と同様、5～10 $\mu$ mである。

【0023】上記のごとく構成された本積層型圧電アクチュエータでは、外部電極6a, 6bを用いて、したがって負極5aおよび正極5bを用いて電圧が印加されると、圧電体層4のそれぞれに圧電歪みが誘起される。その結果として、本積層型圧電アクチュエータには、対象物を駆動するための変位が生じることになる。次に、図3を用いて、本積層型圧電アクチュエータの製造方法について説明する。

【0024】本積層型圧電アクチュエータの製造に際しては、まず、圧電体層4と内部電極層5とが交互に積層されてなる積層体1を形成する（積層体形成工程）。す

なわち、上述したごとく、表面に電極ペーストが塗布された原料シートを所定枚数積層して圧着させ、更にそれを焼成する。これによって、上記積層体1が得られる〔図3（a）参照〕。そして、こうして得た積層体1には、外部電極6a, 6bを形成し、更にリード線7a, 7bを接続する〔図3（b）参照〕。

【0025】リード線7a, 7bの接続までが完了したならば、続いて、上下端面を除いて積層体1を覆うよう、この積層体1の周囲にエポキシ樹脂からなる第1の被膜2を形成する〔第1の成膜工程：図3（c）参照〕。但し、ここでの成膜には粉体塗装法を用いる。こうして第1の被膜2を形成したならば、次に、この第1の被膜2の外側に、積層体1の全ての面を覆う第2の被膜3を、気相蒸着法（CVD法）によって形成する〔第2の成膜工程：図3（d）参照〕。これによって、上述した構造を有する本積層型圧電アクチュエータが得られる。

【0026】さて本実施形態では、上述したように積層体1を、第1の被膜2と第2の被膜3とで被覆している。したがって、外部電極6a, 6bが形成される積層体1の側面部分は、この第1の被膜2と第2の被膜3とで水分から保護される。更に、第2の被膜3は積層体1全体を包み込むよう設けられているので、積層体1の側面と上下端面とが交差する角部分（界面）からの水分の侵入も確実に阻止され、この結果、本積層型圧電アクチュエータは優れた耐湿性を発揮する。

【0027】加えて、本実施形態では、積層体1の上下端面を覆う第2の被膜3の厚さを50 $\mu$ m以下としている。よって、第2の被膜3が積層体1の上下端面に存在することに起因した変位精度の低下は、全く無視できる程度に抑えられる。また、本積層型圧電アクチュエータは、耐湿性の確保に、コスト（加工コスト）が極めて高くつく金属製ケースや金属キャップが不要である。ゆえに製造コストは低廉であり、安価にて提供できる。しかも、第1の被膜2や第2の被膜3はいかなる形にも対応可能であるから、本積層型圧電アクチュエータは形状の制約を受けず、形状を所期のものとすることができる。

【0028】更に、本実施形態では、第2の被膜3の形成に気相蒸着法を使用したもので、たとえ第1の被膜2に気泡が存在していても、この気泡は速やかに除去（脱気）され、この結果、第1の被膜2は一層緻密なものとなる。つまり、第1の被膜2の平滑度が高くなるため、第2の被膜3の付着状態は極めて良好である。なおここでは、第2の被膜3を樹脂から構成したものを例に挙げて本発明の実施形態を説明したが、他実施形態として、樹脂に替えて金属（例えば、アルミニウム、ニッケル、クロムなど）を用いたものを挙げることができる。また、更に他の実施形態として、第2の被膜3をガラスあるいはセラミックスから構成したものを挙げることができる。但し、第2の被膜3を金属から構成する場合に

は、気相蒸着法に替えて、メッキ処理を利用してもよい。

#### 【0029】

【実施例】上記実施形態に係る積層型圧電アクチュエータを、次のようにして製作した。まず、チタン酸ジルコン酸鉛を主成分とする圧電材料粉末に、水、有機バインダ、分散剤、消泡剤などを加えて十分に混合する。真空脱泡後、ドクターブレード法により、この混合物から所定厚さ、例えば100 $\mu$ mの原料シートを造る。

【0030】次に、こうして得た原料シートの表面に、内部電極ペースト、例えばAg/Pdペーストの膜をスクリーン印刷により形成する。原料シートに、こうした処理を施したならば、それを所定枚数、例えば120枚程度積層させる。そして圧着後、この積層体を所定温度、例えば1100℃にて焼成する。これにより焼結体（焼結した積層体）を得たならば、続いてそれを所定寸法、例えば縦3mm、横3mm、高さ10mmの細長い直方体状に加工する。更に、この焼結体の内部に交互に設けられた負極および正極のそれぞれに対応する外部電極を、同焼結体の側面に形成（これによって負極および正極はそれぞれ並列接続される）し、分極処理を施すことで、上記積層体を得る。

【0031】次に、このようにして得た積層体にリード線をはんだ付けし、更にその上下端面を耐熱テープなどでマスキングする。この後、粉体塗装法を用いて、積層体の側面のみにエポキシ樹脂からなる第1の被膜を形成する。そして最後に、気相蒸着法（CVD法）を用いて、第1の被膜の外側に積層体の全面を覆う、ポリ塩化ビニリデンからなる第2の被膜を形成する。これによって上記実施形態に係る積層型圧電アクチュエータが得られる。

【0032】続いて、このようにして得た積層型圧電アクチュエータ（以下、本実施例と言う）を計10個、試料として準備した。そして、温度40℃、湿度90%の環境下でDC150Vを印加し、試験時間（電圧印加時間）と故障（損傷）数との関係を調べた。但し、ここで

は、試料個々の絶縁抵抗が100M $\Omega$ を下回ったことを以て故障発生と見なした。この試験の結果は、図4のグラフに示すとおりである。なお、同じ材料を用いて製作されているが、第2の被膜を持たない積層型圧電アクチュエータ（以下、従来例と言う）についても同様の試験を行ったのでその結果も図4のグラフに併せて示す。

【0033】〔評価〕図4のグラフから判るように従来例では、試験時間300hr程度で故障するものが現れ、試験時間1000hrで全ての試料に故障が発生した。これに対して本実施例では、試験時間が1000hrに達しても故障したものは皆無であった。この結果から、本実施例に係る積層型圧電アクチュエータは非常に信頼性に優れたものであることが判る。

#### 【0034】

【発明の効果】本発明によれば、耐湿性に優れ、しかも低コストな積層型圧電アクチュエータを提供できる。また、この積層型圧電アクチュエータは形状の制約を受けず、形状を所期のものとすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態に係る積層型圧電アクチュエータの外観図

【図2】図1におけるX-X線での、本実施形態に係る積層型圧電アクチュエータの断面図

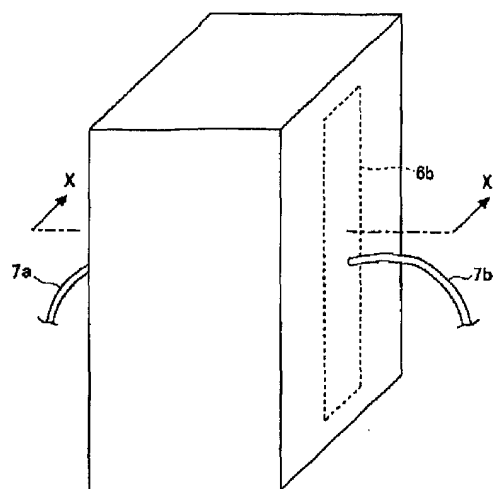
【図3】(a)～(d)は本実施形態に係る積層型圧電アクチュエータの製造手順を示す工程図

【図4】試験時間と故障数との関係を示すグラフ

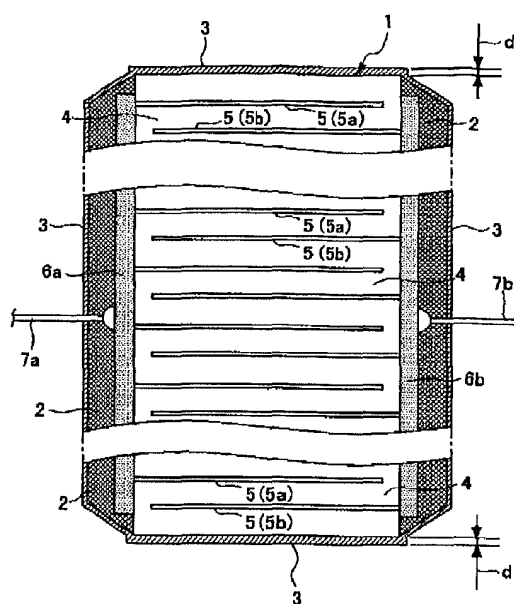
#### 【符号の説明】

1	積層体
2	第1の被膜
3	第2の被膜
4	圧電体層
5	内部電極層
5a	負極
5b	正極
6a, 6b	外部電極
7a, 7b	リード線

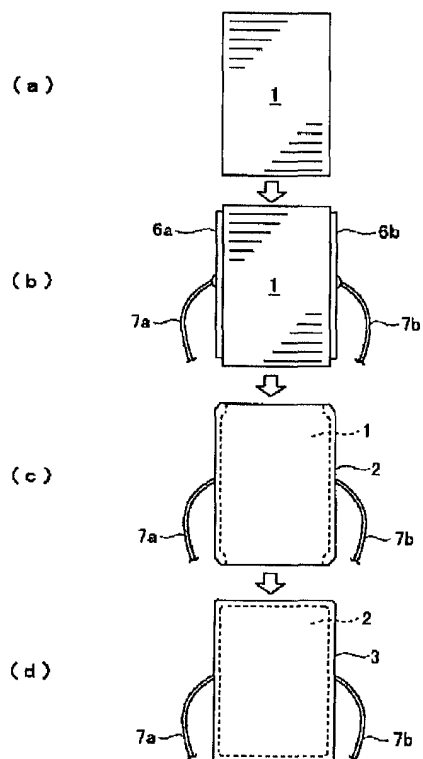
【図1】



【図2】

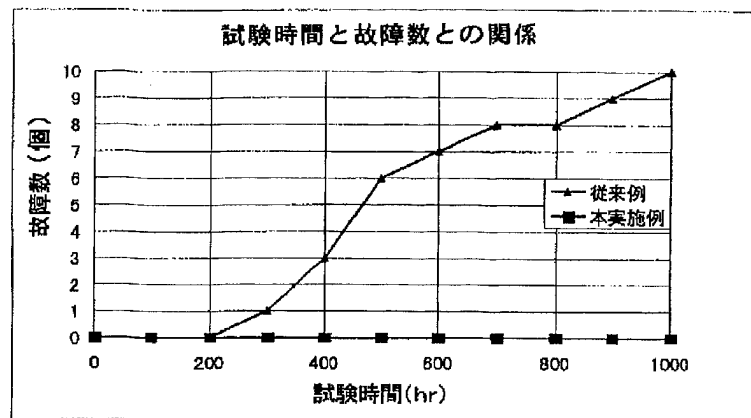


【図3】





【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 山川 孝宏  
東京都江東区清澄1-2-23 太平洋セメント株式会社研究本部内

(72)発明者 松野 晋  
千葉県東金市小沼田1568-4 太平洋セメント株式会社研究本部内

(72)発明者 大槻 洋子  
東京都江東区清澄1-2-23 太平洋セメント株式会社研究本部内